中波发射天线与地网

摘　要：中波广播作为传统的信号传输方式一直在应用，是党和国家的声音传播不可或缺的途径。但中波发射台在城镇化的进程中逐渐被淹及，直接受到侵害的就是中波发射天线的周边环境和地网。本文对中波发射天线与地网在其建设和维护中的若干事项作以阐述。

关键词：中波天线；参数；高度；地网
中图分类号：TN822　　文献标识码：A
文章编号：1671-0134（2018）09-083-02　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2018.09.033

文 / 刘志恒

引言

近年来，随着城镇化建设步伐的加快，原本城市郊区的土地逐步被城镇化，中波发射台的周边环境被高楼所包围，有的区域甚至严重覆盖到天线的地网，严重影响了中波广播的发射，许多中波广播发射台不得不面临加强维护和搬迁的局面，中波发射天线与地网建设和维护工作在当今广播技术中的应用显得更加突出。本文依据中波传播的理论谈一下中波发射天线及地网建设和维护的相关技术事宜。

1. 中波发射天线

1.1 中波发射天线的主要参数

1.1.1 极化

根据电波的传播特性，中波广播白天主要靠地波传播，晚上靠地波和天波两种传输方式传播。中波波段的波长较长，该波段的电磁波沿地面传播时损耗比较小，传播距离也比较远，因此多用地波传播。在沿地面传播过程中，垂直极化波的损耗低于水平极化波的损耗，中波发射天线多采用垂直接地天线。

1.1.2 方向图

天线的方向图在水平面上是个圆，适合广播的要求。它的终端开路，所以称为驻波天线。天线高度逐渐增加时，辐射能量逐渐向地平面方向集中，当天线高度超过二分之一波长时开始出现副瓣。为了扩大服务范围，我们希望在地平面上的场强越大越好。为此，尽可能增大辐射场强，同时避免高仰角带来的副瓣。

1.1.3 输入阻抗

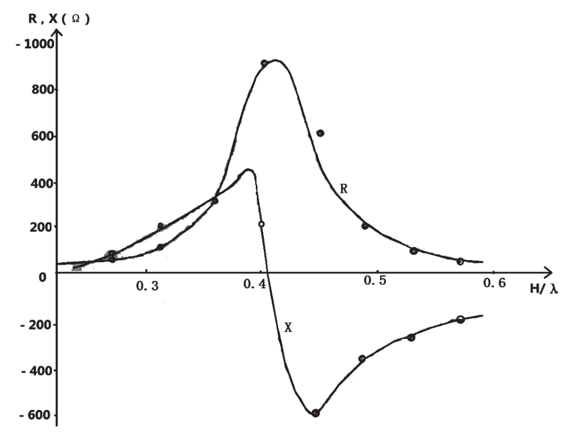


图 1　拉线铁塔的输入阻抗曲线

天线的输入阻抗可根据天线的手册查到。从天线高度与输入阻抗曲线获得数值，图 1 所示为拉线铁塔的输入阻抗曲线（H 为天线的高度，λ 为波长）。天线输入的匹配网络中的阻抗器件的耐压要有足够的安全度余量。

1.1.4 辐射效率

中波天线的主要技术指标之一是天线辐射效率，用 ηA 表示。

天线效率的计算公式如下：

ηA = RA/（RA+RI）

这里 RI = Rg+Rc+Ri+Rw

RA：天线的辐射电阻

Rg：地损失的等值电阻

Rc：串联在天线回路的调谐线圈的等值损失电阻

Ri：绝缘损失的等值电阻

Rw：导体损失的等值电阻

这些电阻都是以天线底电流为参考点。

由上列公式可知，除了减少天线及其匹配网络的损耗外，提高天线效率的办法是增大辐射电阻。垂直接地天线常常采用二分之一波长的天线高度，此时辐射电阻约为 100 欧姆。天线辐射效率一般为 70%~80%。

1.2 中波发射天线的损耗

由 1.1.4 中天线效率的公式可知，中波发射天线的损耗一般可以分为导体损耗、绝缘子的介电损耗、垂直接地天线的损耗等。

虽然中波天线多用铁塔作发射体，但其损耗可以忽略不计。至于绝缘子的介电损耗，因在天线设备中均用高频磁，所以这种损耗也是很小的。但要注意，如果使用一般的磁绝缘子，尤其是在接触高频导体部分的地方，这些绝缘子会由于损耗大而发热，由于绝缘子是热的不良传导体，因热量的积聚而使绝缘子产生碎裂。有时虽然是使用高频磁绝缘子，但由于绝缘体内部混有杂质也会产生热量的积聚使绝缘子碎裂的现象。中波天线的损耗主要决定于地线的损耗。大地是接地天线的回路的一部分，当电流通过大地回到天线底部时就会产生损失，能量的损耗比前两者都大许多，因此，对于中波发射天线来讲，无论在建设设计还是日常维护时，设法减少地损耗是有重要意义的。

1.3 天线的高度

从形式上看，中波发射天线有很多种，现在最广泛使用的是桅杆式单塔（拉线铁塔）天线和自立塔天线。

垂直天线的高度通常根据服务范围、投资规模和场地大小进行适当的选择。首选高度工作波长的二分之一左右，实际经验证明，以工作波长的0.53倍为佳。因架设困难不可能做得很高，其高度也可选择工作波长的三分之一至二分之一，如果高度再低，天线的输入阻抗中的电阻部分较低，它的损耗较大，天线的效率会很低。

当然，从工艺上讲，中波天线高度的规格是固定的，如高度为76m。在频率较低的时候，定型塔高度显得不够，这种情况下除了通过合理调整工作的频率以满足要求外，可采用倒L形天线与T形天线等形式，也就是说，在垂直天线的顶上加适当的电抗负载，可以变换天线中的电流分布，将天线中的电流波腹上移，天线的效高度之和接近它的几何高度，改善辐射效果。同时，使天线垂直部分的底部处于电流驻波的波谷附近，提高天线的输入阻抗，地损相对减弱。另外，还有一种形式是斜拉线顶负荷，当天线的高度小于0.25波长时，使铁塔高度和斜拉线等效高度之和接近它的几何高度，使天线的辐射范围扩大，但不建议采用这种形式的天线。这种天线的顶是从天线顶端引下倾斜线，下倾斜会产生垂直极化场强，这样会减弱垂直部分的辐射。

另外，天线的高度选择一般不宜选在波长的0.4倍的阻抗谐振区内，谐振区内天线的输入阻抗变化很大，不仅Q值过高，天线的通频带过窄，而且天线的阻抗极不稳定，受环境气候的影响较大，容易产生边带驻波比。

1.4 天线的电压

中波发射天线的电压问题需引起重视。随着发射机功率的增加及调制度的变化，天线的输入电压或顶端电压过高会造成绝缘击穿或空间放电等现象。

当功率一定时，输入电压的大小由天线的输入阻抗决定。当天线的高度为二分之一波长时，其终端电压与输入电压相当；当天线的高度为四分之一波长时，其终端电压较大。

1.5 天线的馈电

铁塔天线的馈电有两种方式：串联馈电和并联馈电。如果铁塔与地面绝缘，就采用串联馈电；如果铁塔底座直接接地，采用并联馈电。传统的中波天线采用的是串联馈电的方式。并联馈电的优点是天线可直接接地，即直流接地，使发射系统的放电更加快速、有效。天线馈电点的输入阻抗与馈线的特性阻抗相近，便于匹配。缺点是天线上的电流分布在天线底部加大，影响方向性，用以中和天线感抗的串联电容上有很大的电压。并联馈电自立中波天线在国外的应用已经比较广泛，各种技术的应用也较为成熟，在国内也逐渐被各电台所认可并使用。

2. 地网

理论研究证明，天线损失功率是随着离开天线底端的距离的增大而减小，地损失主要集中在天线底部附近，因此以天线底部为中心，在靠近地表面处敷设一均匀分布径向地网，一般每3度一根间隔均匀敷设，共120根，地网导线的根数越多，地损电阻越小，天线的效率越高，导线长度为0.5波长，但必须伸出天线项在地面上的投影范围以外。当大于半波长以外的范围地电流虽有很大的数值，但不属于感应场范围，应属于电波传播的损失，它与天线效率无关。为了给天线的地电流一个良好的回路，地网都是呈径向辐射状，而不要将地网铺设成纵横交错的网状，因为地电流在网状环路上没有直接的回路。天线附近的电磁场比较强，为了减少损耗，在愈接近天线附近的地网导线愈应敷设在接近大地表面层。考虑到天线场区面积大，地网完全敷设在大地表面，浪费了土地资源，其埋设深度一般为30~50厘米，以不受到破坏为原则。地网的导线通常选择直径一般为3毫米的铜导线，严寒地带特别是地冻时容易将导线拉断，导线敷设时可略有松弛余量。在天线底座绝缘子的基础的屏蔽铜皮上接一铜汇流条，地网导线的始端应均匀分布并焊接在此汇流条上，其接地电阻值应小于2欧姆。

3. 维护

天线系统的维护，尤其中铁塔及其地网的维护，必须引起足够的重视，相对于其他广播设备，它们暴露工作于室外，饱受风吹日晒、雨淋雷电、天寒地冻等的侵蚀。关于中波发射天线和地网的检修维护，一定要严格按照《中、短波天馈线运行维护规程》操作。日常的巡视和检查是确保中波广播发射天线正常运行的重要保证，日常维护时要检修维护地锚拉杆、花篮螺丝等，做好防锈处理，清洁塔桅底座绝缘子，雷雨季前后要检查避雷系统，对于出现的打火、绝缘子损伤、拉线和铁塔垂直度异常等问题要及时处理，当季节和气候发生变化时要加强巡视。另外，应经常注意检查塔桅结构，发现焊缝开裂或未围焊等情况，应及时补焊；螺栓松动应紧固；螺杆腐蚀严重者应立即更换；无缝钢管塔柱内有积水可在底端打孔将水放净，放水孔直径应不影响塔柱结构强度，并检查判定积水原因，及时排除。补焊或打孔处理后要进行局部防腐处理。

根据本地气候条件，定期对天线系统的塔桅结构、桅杆拉线、绝缘架等进行检查，以保证塔桅结构的安全。对中波天线进行大修的周期一般是根据各地区气候条件不同要求不同，气候干燥无腐蚀地区每8年一次，一般地区每5年一次，沿海及腐蚀严重地区每3年一次。因忽视大修而发生塔倒的案例时有发生，要引以为戒。

另外，地网是埋在地下的隐蔽工程，不能忽视地网的维护。定期测试高频地网的电阻，良好的地网一般地电阻为0.4欧姆。在天线场区种植农作物时，避免耕地造成地网导线拉断，当发生地网的某根断了需及时修复，不要并接在附近的某根，因涡流的存在会使损耗增加，最好将断线重新用锡焊接上，其次的解决的办法是在该根地网线的终端打进一接地棒。

结语

中波广播是不可缺少的信号有效传播途径，在应急、自然灾害等关键时期仍发挥不可替代的作用。中波天线和地网作为室外的广播发射设备，是中波发射台不可缺少的重要组成部分，无论是建设时还是在维护中仍需引起足够的重视，它们对提高中波广播的播出质量是极其关键的。媒

（作者单位：吉林省新闻出版广电局六六一台）